はじめに

みなさん，こんにちは。

この講座では，無機化学の分野を主に扱っています。
学校の化学の授業と併用して活用してみてください。

化学が得意な人は，学校の予習の段階で。
化学初心者は学校の授業の復習の段階で使用するといいでしょう。

最初は苦しいかもしれませんが，一つずつ，ゆっくり，確実にこなしていけば，
進むにつれ，理解するスピードもアップしていきます。
最終的に化学を好きになって，化学を得点源にしていきましょう。

応援しています。

坂田　薫

目次

第1章　沈殿生成反応

第 1 講　沈殿・錯イオン ―― p.4

第 2 講　系統分析 ―― p.10

第2章　金属の反応

第 3 講　金属のイオン化傾向 ―― p.14

第3章　酸と塩基の反応

第 4 講　酸化物・水酸化物 ―― p.18

第 5 講　総合 ―― p.22

第4章　気体

第 6 講　気体の製法 ―― p.26

第 7 講　気体の性質 ―― p.30

第5章　工業的製法

第 8 講　アンモニアソーダ法・バイヤー法 ―― p.34

第 9 講　オストワルト法・接触法 ―― p.40

第6章　元素別各論

第10講　アルカリ金属・アルカリ土類金属 ―― p.44

第11講　アルミニウム（両性金属（両性元素））・遷移元素 ―― p.48

第12講　14・15・16族 ―― p.52

第13講　ハロゲン ―― p.58

第1章　沈殿生成反応

第1講　沈殿・錯イオン

1　沈殿生成反応

(1)　塩の溶解性

溶解性の低いイオンの組合せを混合すると，沈殿が生成する。
これが，沈殿生成反応である。

塩の溶解性は様々な要因で決まるため，最低限の部分は暗記するしかない。

しかし，溶解しやすいイオン，沈殿しやすいイオンは決まっているため，ある程度なら，まとめることができる。

沈殿しない

・NH_4^+，アルカリ金属イオン

・強酸由来の陰イオン

NO_3^-

SO_4^{2-}（アルカリ土類金属イオン，Pb^{2+}は沈殿）

Cl^-（Pb^{2+}，Ag^+，Hg_2^{2+}は沈殿）

沈殿する

・OH^-，O^{2-}（アルカリ金属イオン，アルカリ土類金属イオンは溶解）

・弱酸由来の多価の陰イオン

CO_3^{2-}，$C_2O_4^{2-}$，SO_3^{2-}（NH_4^+，アルカリ金属イオンは溶解）

S^{2-}（イオン化傾向Al以上は溶解）

※いずれも強酸性にすると溶解（S^{2-} ⟶ イオン化傾向Sn以下は不溶）

(2)　沈殿の色

入試で問われやすい沈殿の色は早めに暗記しよう。

$AgCl$	白	$AgBr$	淡黄	AgI	黄	$PbCl_2$	白
$BaSO_4$	白	$CaSO_4$	白	$PbSO_4$	白		
$CaCO_3$	白	$BaCO_3$	白				
$Fe(OH)_3$	赤褐	$Fe(OH)_2$	淡緑	$Cu(OH)_2$	青白		
Fe_2O_3	赤褐	CuO	黒	Cu_2O	赤	Ag_2O	（暗）褐
PbS	黒	CuS	黒	Ag_2S	黒	CdS	黄
MnS	淡赤	ZnS	白				
Ag_2CrO_4	赤褐色	$PbCrO_4$	黄	$BaCrO_4$	黄		

2　錯イオン生成反応

(1)　錯イオンの表し方と命名法

$$[\ M\ (\ L\ )_n\ ]^{m\pm}$$

中心金属　配位子　配位数

名前　配位数(n)　＋　配位子(L)名※1　＋　中心金属(M)名　＋　金属酸化数　＋　酸※2　＋　イオン

※1　配位子名

NH_3　アンミン　　OH^-　ヒドロキシド　　CN^-　シアニド　　Cl^-　クロリド

H_2O　アクア　　SCN^-　チオシアナト　　$S_2O_3{}^{2-}$　チオスルファト

※2　『酸』は陰イオンのときのみ付ける。

(2)　金属と配位子の組合せ

基本的に錯イオンをつくるのは，周期表3～12族(dブロック)の元素である。

配位子	金属イオン	頻出例
NH_3	dブロックのM^+，M^{2+}	Cu^{2+}，Ag^+，Zn^{2+}
CN^-	dブロックのM^{n+}	Fe^{2+}，Fe^{3+}，Ag^+
SCN^-	Fe^{3+}	
$S_2O_3{}^{2-}$	Ag^+	
OH^-	両性金属イオン	Al^{3+}，Zn^{2+}

(3)　配位数

基本的に，錯イオンの配位数は『中心金属イオンの酸化数×2』になる。

※注意する配位数

Fe^{2+}，Co^{2+}，Ni^{2+}，Al^{3+}の配位数は6

⑷　形

配位数2(Ag^{+})　⇒直線

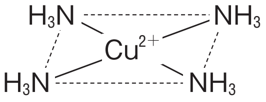
配位数4(Zn^{2+})　⇒正四面体

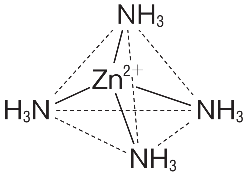
配位数4(Cu^{2+})　⇒正方形

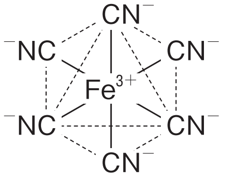
配位数6(Al^{3+})　⇒正八面体

配位数2⇒直線　　配位数4⇒正方形または正四面体　　配位数6⇒正八面体

$H_3N-Ag^{+}-NH_3$







第1講　演習問題

1　次の(1)〜(5)に答えよ。なお，解答は①〜⑥に示すそれぞれのイオンを含む2種の水溶液の組合せの中から，最も適切なものを一つずつ選べ。

(1)　アンモニア水を加えると沈殿を生じ，過剰に加えるとその沈殿が溶けるものの組合せを選べ。

① Cu^{2+}，Fe^{3+}　② Zn^{2+}，Cu^{2+}　③ Al^{3+}，Fe^{3+}
④ Al^{3+}，Cu^{2+}　⑤ Zn^{2+}，Fe^{3+}　⑥ Al^{3+}，Zn^{2+}

(2)　硫酸ナトリウム水溶液を加えると沈殿を生じるものの組合せを選べ。

① Fe^{3+}，Ca^{2+}　② Ca^{2+}，Cu^{2+}　③ Fe^{3+}，Cu^{2+}
④ Cu^{2+}，Ba^{2+}　⑤ Ca^{2+}，Ba^{2+}　⑥ Ba^{2+}，Fe^{3+}

(3)　酸性にして硫化水素を通じると黒色の沈殿を生じるものの組合せを選べ。

① Cu^{2+}，Fe^{3+}　② Zn^{2+}，Cu^{2+}　③ Fe^{3+}，Ag^{+}
④ Ag^{+}，Cu^{2+}　⑤ Zn^{2+}，Ag^{+}　⑥ Fe^{3+}，Zn^{2+}

(4)　水酸化ナトリウム水溶液を加えると沈殿を生じ，過剰に加えるとその沈殿が溶けるものの組合せを選べ。

① Zn^{2+}，Cu^{2+}　② Fe^{3+}，Zn^{2+}　③ Cu^{2+}，Al^{3+}
④ Al^{3+}，Zn^{2+}　⑤ Fe^{3+}，Al^{3+}　⑥ Cu^{2+}，Fe^{3+}

(5)　塩酸を加えると沈殿を生じるものの組合せを選べ。

① Zn^{2+}，Cu^{2+}　② Al^{3+}，Pb^{2+}　③ Pb^{2+}，Ag^{+}
④ Ag^{+}，Al^{3+}　⑤ Pb^{2+}，Cu^{2+}　⑥ Ag^{+}，Zn^{2+}

2　3種の金属陽イオン〔Zn^{2+}，Fe^{3+}，Cu^{2+}〕を含む水溶液を用い，次の(1)〜(3)の各実験を行い，沈殿の有無を調べた。それぞれの実験で生じる沈殿が何種類か答えよ。

(1)　過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加える。
(2)　酸性にした後，硫化水素水を加える。
(3)　過剰のアンモニア水を加える。

第1講　確認テスト

1　金属イオンAを含む水溶液に，水溶液Bを少量加えると沈殿が生じた。これにさらにBを過剰に加えても沈殿は溶けなかった。AとBの組合せとして最も適当なものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

	A	B
①	Zn^{2+}	水酸化ナトリウム水溶液
②	Pb^{2+}	水酸化ナトリウム水溶液
③	Al^{3+}	アンモニア水
④	Cu^{2+}	アンモニア水
⑤	Ag^{+}	アンモニア水

<Note>

第2講　系統分析

1　イオンの検出

(1)　陽イオン(金属イオン)の検出　[系統分析]

水溶液(試料溶液)中に複数の金属イオンが存在しているとき，それらを特定する手順が系統分析である。その分析は「沈殿させる」「再溶解させる」の繰り返しからなる。

(1)　HClaqを加える
⇒$\underline{\underline{Ag^{+}}}$，$\underline{\underline{Pb^{2+}}}$，($Hg_2^{2+}$)が沈殿

(2)　H_2Sを吸収させる(HClを加えた後なので酸性条件下)
⇒イオン化傾向Sn以下のイオンが沈殿　($\underline{\underline{Cu^{2+}}}$，$Cd^{2+}$，$Hg^{2+}$など)
※　試料溶液中にFe^{3+}が含まれている場合，H_2Sによって還元され，Fe^{2+}に変化するため，Fe^{3+}に戻す処理をおこなう。
処理１：煮沸
⇒水溶液中に残っているH_2Sを取り除くため(温度↑で気体の溶解度は↓)
処理２：HNO_3を加える
⇒Fe^{2+}を酸化してFe^{3+}に戻すため

(3)　NH_3aqを加える
⇒アルカリ金属，アルカリ土類金属，NH_3で再溶解する金属以外が沈殿　($\underline{\underline{Al^{3+}}}$，$\underline{\underline{Fe^{3+}}}$)

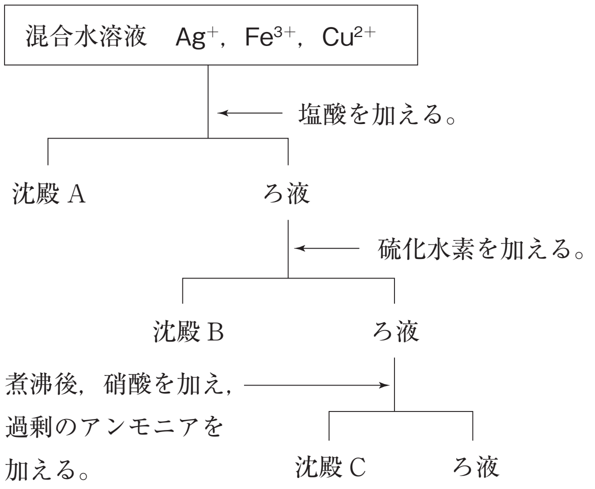
(4)　H_2Sを吸収させる(NH_3を加えた後なので塩基性条件下)
⇒イオン化傾向Zn以下の金属イオンが沈殿　($\underline{\underline{Zn^{2+}}}$，$Ni^{2+}$，$Mn^{2+}$)

(5)　$(NH_4)_2CO_3$を加える
⇒アルカリ土類金属イオンが沈殿　(Ca^{2+}，Ba^{2+})

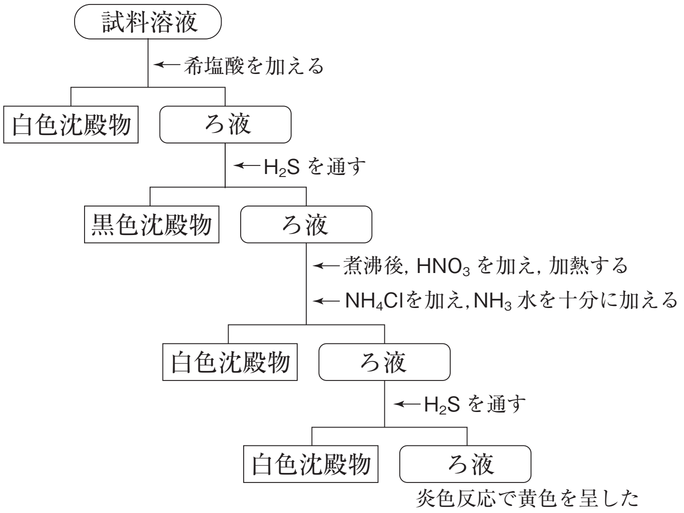
(6)　炎色反応
⇒アルカリ金属イオンを確認
Li(赤)，Na(黄)，K(紫)，Cu(青緑)，Ca(橙)，Sr(紅)，Ba(緑)

第2講　演習問題

1　Ag^{+}，Fe^{3+}，Cu^{2+} を含む混合水溶液から，それぞれ金属陽イオンを分離する実験を図のようにおこなった。沈殿A，沈殿B，沈殿Cの色を，それぞれ答えよ。



2　ある陽イオンを含む試料溶液の系統分析をおこなった。このような実験結果を与える陽イオンの組合せを選べ。



ア　Al^{3+}，Mn^{2+}，Cu^{2+}，Pb^{2+}，Na^{+}

イ　Al^{3+}，Mn^{2+}，Ba^{2+}，Ag^{+}，K^{+}

ウ　Al^{3+}，Cu^{2+}，Zn^{2+}，Ag^{+}，Na^{+}

エ　Al^{3+}，Mn^{2+}，Cu^{2+}，Pb^{2+}，K^{+}

オ　Al^{3+}，Cu^{2+}，Zn^{2+}，Ba^{2+}，Na^{+}

第2講　確認テスト

1　3種類の未知の金属イオンを含む硫酸酸性水溶液を用いて，図1の操作Ⅰ～Ⅲを順に行った。これらの操作ごとに，異なる金属イオンを含む沈殿a～cが生成し，金属イオンを分離することができた。沈殿a～cに含まれる金属イオンはそれぞれ何か。最も適当な組合せを，下の①～⑤のうちから一つ選べ。

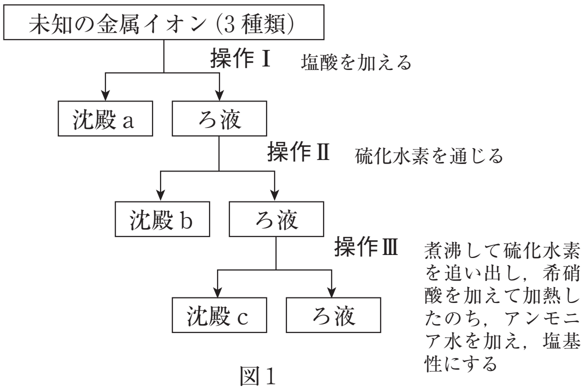


図1

	分離された金属イオン		
	沈殿a	沈殿b	沈殿c
①	Ag^{+}	Pb^{2+}	Cu^{2+}
②	Ag^{+}	Cu^{2+}	Fe^{3+}
③	Ag^{+}	Pb^{2+}	Fe^{3+}
④	Pb^{2+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}
⑤	Pb^{2+}	Fe^{3+}	Al^{3+}

第2章　金属の反応

第3講　金属のイオン化傾向

1　金属の単体の反応

(1)　金属のイオン化傾向

(i)　イオン化傾向

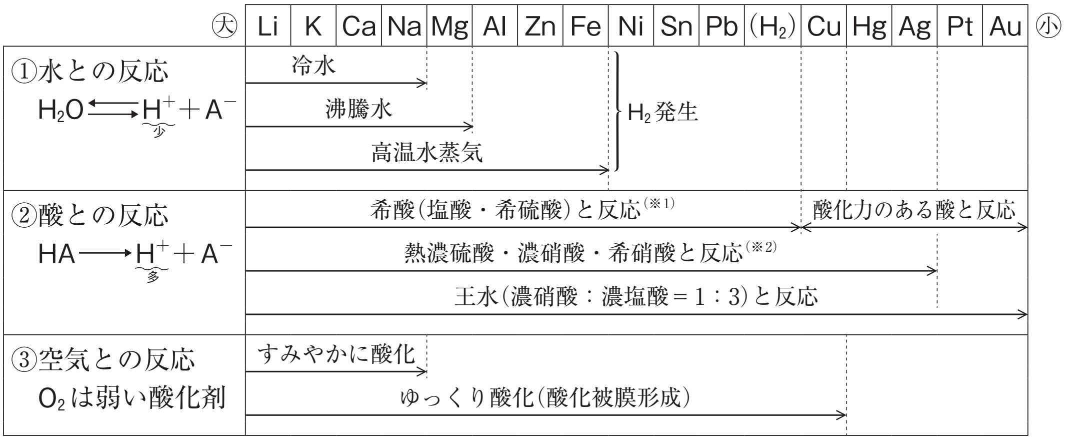
金属の単体が水中で電子を放出し，陽イオンになる性質をイオン化傾向という。

イオン化傾向の異なる金属が存在するとき，イオン化傾向の大きい金属が電子を放出して陽イオンになり，小さい金属がその電子を受け取ることとなる。

例　$Cu^{2+} + Zn \longrightarrow Cu + Zn^{2+}$
$2e^-$

(ii)　イオン化列

イオン化傾向の大きい金属から小さい金属へ順に並べたものを金属のイオン化列という。



①水との反応

水はほとんど電離していないため，水素イオンが非常に少なく，極めて弱い酸化剤である。よって水と反応できるのはイオン化傾向の大きい金属のみである。

例　$2Na + 2H_2O \longrightarrow 2NaOH + H_2$

②酸との反応

酸は水素イオンを多くもつため，イオン化傾向が水素よりも大きい金属は塩酸や希硫酸と反応できる。

例　$Zn + 2HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2$

ただしPbは$PbCl_2$，$PbSO_4$となるため，塩酸や希硫酸とはほとんど反応しない。(※1)

イオン化傾向が水素より小さい金属は酸化力の強い酸と反応することができる（Cu，Hg，Agは濃硝酸，希硝酸，熱濃硫酸と反応。Pt，Auは王水と反応）。

例　$3Cu + 8HNO_3 \longrightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$

ただし，Fe，Ni，Alは不動態となるため，濃硝酸，熱濃硫酸に不溶である。(※2)

③空気(酸素)との反応

酸素は弱い酸化剤であるため，イオン化傾向の大きい金属が反応していく。

例　$4Na + O_2 \longrightarrow 2Na_2O$

(2) 両性金属　Al・Zn・Sn・Pb

両性金属の単体は酸とも強塩基とも反応しH_2が発生する。

$2Al + 6HCl \longrightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$

$2Al + 6H_2O + 2NaOH \longrightarrow 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2$

第3講　演習問題

1　6種類の金属の単体A～F(Na, Mg, Cu, Ag, Sn, Auのいずれかとする)がある。Dは常温で水と激しく反応し，Bは熱水と反応した。A，C，E，Fは水とは反応しなかった。A，B，Dは希塩酸に溶解し，水素を発生した。E，Fは共に希塩酸には溶解しないが，硝酸とは反応した。Fは空気中で強熱すると徐々に酸化されたが，EとCは加熱しても空気では酸化されなかった。Cは希塩酸や硝酸とは反応しないが，王水には溶けた。以上の結果から，金属A，B，Fにあてはまる正しい組合せを，解答群から1つ選びなさい。

〔解答群〕

	金属A	金属B	金属F
①	Sn	Mg	Cu
②	Cu	Mg	Sn
③	Sn	Mg	Ag
④	Ag	Mg	Cu
⑤	Sn	Na	Cu
⑥	Cu	Na	Sn
⑦	Sn	Na	Ag
⑧	Ag	Na	Cu

第３講　確認テスト

1　金属と酸の反応に関する記述として誤りを含むものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

①　アルミニウムは，希硝酸に溶ける。

②　鉄は，希硝酸に溶けるが，濃硝酸には溶けない。

③　銅は，希硝酸と濃硝酸のいずれにも溶ける。

④　亜鉛は，希硫酸と希塩酸のいずれにも溶ける。

⑤　銀は，熱濃硫酸に溶ける。

⑥　金は，希硝酸に溶けないが，濃硝酸には溶ける。

第3章　酸と塩基の反応

第4講　酸化物・水酸化物

化学反応式の多くは，暗記するものではなく，作るものである。

化学反応式をその場で作れるようになれば，理論化学の計算にも役立つであろう。

化学を学ぶ上で，必ず乗り越えなくてはならない「化学反応式が書ける」ということをこの章ではマスターしてもらいたい。

そのためには，反応をきちんと理解した上で，手を動かして書く練習をしなくてはならない。

1　酸と塩基の反応

①代表的な酸と塩基

まず，強酸(SA)と強塩基(SB)は暗記しよう。

SA	$HClO_4$	H_2SO_4	HCl	HNO_3	HI	HBr
SB	KOH	NaOH	$Ba(OH)_2$	$Ca(OH)_2$		

(1)　水酸化物・オキソ酸(XOH)

<u>Xが非金属⇒オキソ酸</u>

$$XOH \longrightarrow XO^- + H^+$$

※オキソ酸の構造を書けるようになろう。

酸性が強いオキソ酸とは

・Xの電気陰性度(χ_x)が大きい

・Xの酸化数が大きい

<u>Xが金属⇒水酸化物</u>

$$XOH \longrightarrow X^+ + OH^-$$

塩基性が強い水酸化物とは

・Xの電気陰性度(χ_x)が小さい

・Xの酸化数が小さい

⑵　酸化物（XO）

	XO	$\rightleftarrows$	XOH
Xが非金属元素	酸性酸化物		オキソ酸
Xが金属元素	塩基性酸化物		水酸化物
Xが両性金属（両性元素）	両性酸化物		両性水酸化物

※XOからXOH，XOHからXOが書けるようになろう。

⑶　水素化物（XH）

重要な水素化物の性質を頭に入れていこう。

例：NH_3弱塩基性　　NaH強塩基性　　HCl強酸性　　など

第4講　演習問題

1　次の酸化物の中から塩基性酸化物をすべて選んで化学式を書け。

NO_2　ZnO　BaO　Fe_2O_3　P_4O_{10}　CO_2

2　以下に示す酸化物が水と反応した時の反応式を書け。

(1)　CO_2

(2)　SO_2

(3)　Na_2O

(4)　CaO

(5)　P_4O_{10}

第４講　確認テスト

1 次の中から，水と反応して2価のオキソ酸になる酸化物をすべて選びなさい。

Na_2O　　CO_2　　SO_3　　N_2O_5　　P_4O_{10}

第5講　総合

(1)　中和反応

アレニウスの定義で考えると，酸と塩基の水溶液を混合すると，

$$H^{+} + OH^{-} \longrightarrow H_2O$$

が起こり，水が生成する。

これが中和反応である。

酸や塩基が酸化物(XO)のときは，いったんオキソ酸や水酸化物(XOH)の形に変えてから化学反応式を書くとよい。

(2)　弱酸(弱塩基)遊離反応

弱酸や弱塩基は電離しにくい(電離度が小さい)。

よって，次のように弱酸や弱塩基が遊離する反応が起こる。

$$X^{-} + H^{+} \longrightarrow HX$$

X^{-}：弱酸由来の塩（弱酸由来のイオン）　H^{+}：強酸　HX：弱酸

$$Y^{+} + OH^{-} \longrightarrow YOH$$

Y^{+}：弱塩基由来の塩（弱塩基由来のイオン）　OH^{-}：強塩基　YOH：弱塩基

(3)　揮発性の酸遊離反応

揮発性の酸由来の塩に，不揮発性の酸である濃硫酸を加えて加熱すると，揮発性の酸を遊離させることができる。

揮発性の酸として，HNO_3・HCl・HFを頭にいれておこう。

$$NO_3^{-} + H_2SO_4 \longrightarrow HNO_3 + HSO_4^{-}$$

NO_3^{-}：揮発性の酸由来の塩（揮発性の酸由来のイオン）　H_2SO_4：濃硫酸（不揮発性の酸）　HNO_3：揮発性の酸

第５講　演習問題

1　次の反応の化学反応式を書け。

(1)　塩酸と水酸化ナトリウム水溶液
(2)　酢酸水溶液と水酸化ナトリウム水溶液
(3)　硫酸とアンモニア水
(4)　酸化カルシウムと塩酸
(5)　酢酸ナトリウムと塩酸
(6)　塩化アンモニウムと水酸化カルシウム
(7)　炭酸ナトリウムと十分量の塩酸
(8)　加熱下，塩化ナトリウムと濃硫酸
(9)　加熱下，ホタル石と濃硫酸

第５講　確認テスト

1 次の反応の化学反応式において，右辺として適切なものを選びなさい。
二酸化炭素と水酸化ナトリウム水溶液

① $Na_2CO_3 + 2H_2O$
② $NaHCO_3 + 2H_2O$
③ $NaHCO_3 + H_2O$
④ $Na_2CO_3 + H_2O$
⑤ $2NaHCO_3 + H_2O$

＜Note＞

第4章　気体

第6講　気体の製法

1　気体

(1)　製法

「材料を与えられたら，発生する気体が答えられる」そして，「気体を与えられたら製法を提案できる」ようになろう。

主な気体の製法

(i)　酸化還元反応　（酸化剤還元剤から生成する気体を作るとき）

・H_2

$Zn + H_2SO_4$(希) $\longrightarrow ZnSO_4 + H_2$

・Cl_2

$MnO_2 + 4HCl$(濃) $\xrightarrow{熱} MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$

$CaCl(ClO) \cdot H_2O + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + 2H_2O + Cl_2$　（弱酸遊離反応も含む）

・SO_2

$Cu + 2H_2SO_4$(濃) $\xrightarrow{熱} CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$

・NO

$3Cu + 8HNO_3$(希) $\longrightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$

・NO_2

$Cu + 4HNO_3$(濃) $\longrightarrow Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$

(ii)　弱酸・弱塩基遊離反応　（弱酸性や弱塩基性の気体を作るとき）

・CO_2

$CaCO_3 + 2HCl$(希) $\longrightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$

・H_2S

$FeS + H_2SO_4$(希) $\longrightarrow FeSO_4 + H_2S$

・SO_2

$Na_2SO_3 + 2HCl$(希) $\longrightarrow H_2O + SO_2 + 2NaCl$

・NH_3

$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 \xrightarrow{熱} CaCl_2 + 2H_2O + 2NH_3$

・C_2H_2

$CaC_2 + 2H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2$

(iii)　揮発性の酸遊離反応　　（揮発性の酸の気体を作るとき）

・HCl

$NaCl + H_2SO_4$(濃) $\xrightarrow{熱}$ $HCl + NaHSO_4$

・HF

$CaF_2 + H_2SO_4$(濃) $\xrightarrow{熱}$ $2HF + CaSO_4$

(iv)　分解反応　　((i)〜(iii)以外)

・O_2

$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$　（MnO_2触媒）

$2KClO_3 \xrightarrow{熱} 2KCl + 3O_2$　（MnO_2触媒）

・N_2

$NH_4NO_2 \xrightarrow{熱} 2H_2O + N_2$

・CO

$HCOOH \xrightarrow{熱} CO + H_2O$　（濃硫酸触媒）

※加熱が必要な場合

1．濃硫酸を使用する場合

2．固体と固体の反応の場合

3．MnO_2を酸化剤として使用する場合（Cl_2の製法）

第6講　演習問題

1　次の(ア)〜(オ)で発生する気体をそれぞれ答えよ。

(ア)　水酸化カルシウムと塩化アンモニウムの混合物をおだやかに加熱する。

(イ)　アルミニウムに水酸化ナトリウム水溶液を加える。

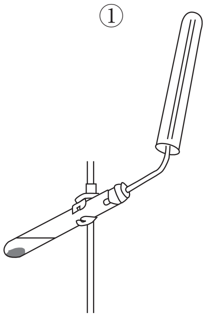
(ウ)　硫化鉄(Ⅱ)に希硫酸を加える。

(エ)　濃硫酸に塩化ナトリウムを加えて加熱する。

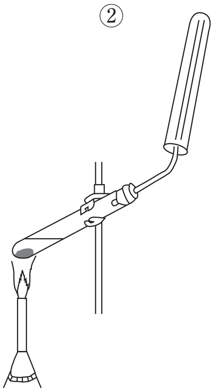
(オ)　酸化マンガン(Ⅳ)に濃塩酸を加えて加熱する。

2　銅と希硝酸から一酸化窒素を発生させて，試験管に捕集したい。最も適当な方法を，次の①〜⑥のうちから一つ選べ。

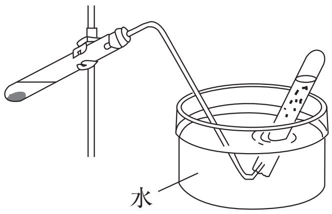
①



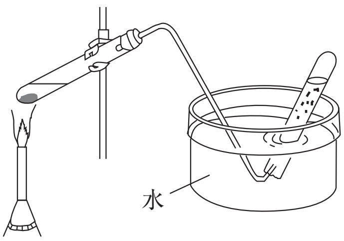
②



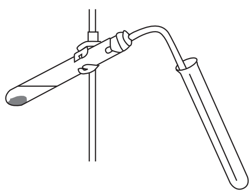
③



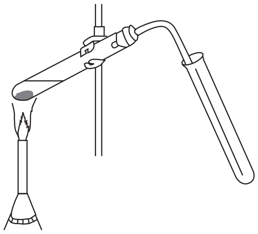
④



⑤



⑥



第6講　確認テスト

1　次のa～dの実験操作によって発生する気体を，下の①～⑤の中から1つ選びなさい。

a　硫化鉄(Ⅱ)に希硫酸を加える。

b　銅に希硝酸を加える。

c　塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱する。

d　酸化マンガン(Ⅳ)に過酸化水素水を加える。

①　O_2　　②　H_2S　　③　NO　　④　Cl_2　　⑤　HCl

第7講　気体の性質

1　気体

(2) 性質

入試でよく問われる性質を以下に示しておく。優先的に覚えよう。

(i) 水溶性の気体

NH_3　HCl　Cl_2　CO_2　NO_2　SO_2　H_2S　　（以外は水上置換で捕集）

(ii) 刺激臭の気体

(i)の気体からCO_2（無臭），H_2S（腐卵臭）を除いたもの

(iii) 酸化力をもつ気体

O_2　$\underline{O_3\quad NO_2\quad Cl_2}$
KIデンプン紙　青

還元力をもつ気体

$\underline{H_2\quad CO}$　H_2S　SO_2
高温

(iv) 有色の気体

Cl_2（黄緑）　NO_2（赤褐）　O_3（淡青）

⑶ 乾燥剤

水上置換で捕集したときなど，気体に水蒸気が混入する場合，乾燥剤に通じる必要がある。

乾燥剤の選び方

　気体と乾燥剤が反応しないものを選ぶ。

基本的に中和反応しない組合せ。すなわち，酸性と塩基性の組合せはNG。

中和反応以外の組合せを頭に入れよう。

(i) H_2Sを乾燥させるのに濃硫酸は使用不可

⇒H_2S(還元剤)と濃硫酸(酸化剤)で酸化還元反応が起こるため

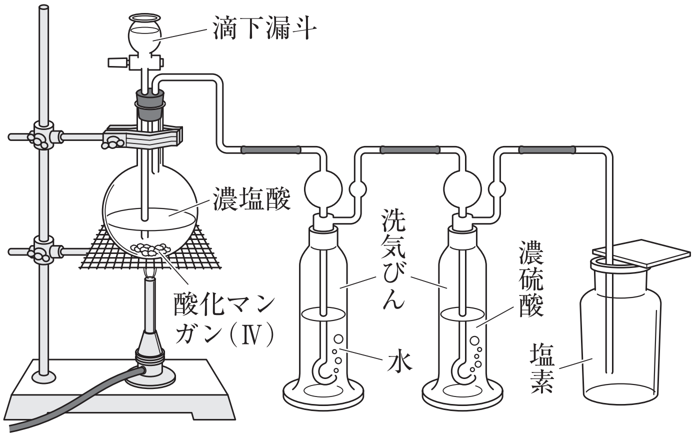
(ii) NH_3を乾燥させるのに塩化カルシウムは使用不可

⇒塩化カルシウムが水だけでなく，NH_3も吸収するため

⑷ 気体の発生実験

入試で最もよく問われる実験法の一つがCl_2である。注意点を確認しておこう。

それ以外も，余力のあるときに資料集等で見ておこう。



第7講　演習問題

1　次の実験Ⅰ～Ⅶに関する以下の(1), (2)に答えよ。

Ⅰ　亜鉛に希硫酸を加える。

Ⅱ　硫化鉄(Ⅱ)に希硫酸を加える。

Ⅲ　塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを混合して加熱する。

Ⅳ　酸化マンガン(Ⅳ)に濃塩酸を加え加熱する。

Ⅴ　銅に濃硝酸を加える。

Ⅵ　炭酸カルシウムに希塩酸を加える。

Ⅶ　塩化ナトリウムに濃硫酸を加え加熱する。

(1)　還元性があり，水に溶かすと酸性を示す気体が発生する実験はいくつあるか。

(2)　有色で，水に溶かすと酸性を示す気体が発生する実験はいくつあるか。

2　次の実験(1)～(3)において，発生する気体の乾燥剤として最も適当なものを，下の選択肢の中から選べ。ただし，それぞれ1回しか選んではいけない。

(1)　塩化アンモニウムに水酸化カルシウムを加えて加熱する。

(2)　硫化鉄(Ⅱ)に希硫酸を加える。

(3)　炭酸カルシウムに希塩酸を加える。

〔乾燥剤〕　塩化カルシウム，ソーダ石灰，濃硫酸

第７講　確認テスト

1　図1は実験室における塩素の製法を示している。下の(1)，(2)に答えよ。

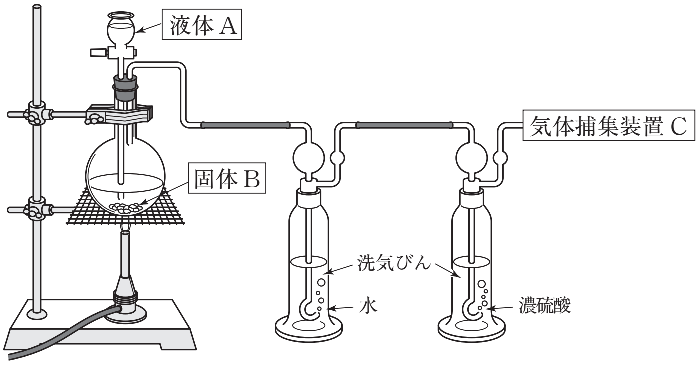


図１

(1)　図1の液体Ａと固体Ｂの組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

	液体Ａ	固体Ｂ
①	濃塩酸	酸化マンガン(Ⅳ)
②	水酸化ナトリウム水溶液	塩化アンモニウム
③	濃硫酸	塩化ナトリウム
④	希塩酸	亜鉛

(2)　図1の気体捕集装置Ｃの捕集方式に関する記述として最も適当なものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

①　上方置換が最もよい。　②　下方置換が最もよい。　③　水上置換が最もよい。

④　上方置換・水上置換のいずれでもよい。

⑤　下方置換・水上置換のいずれでもよい。

第5章　工業的製法

第8講　アンモニアソーダ法・バイヤー法

1　工業的製法

無機化合物を工業的に大量生産するとき，安全性やコストなどを考え，実験室では起こせない反応などを利用する。その素晴らしい方法は，素人がその場で思いつくようなものではなく，きちんと勉強したかどうかが問われることになる。

工業的製法の流れをすらすら言えるようになろう。

⑴　Na_2CO_3　アンモニアソーダ法（ソルベー法）

$2NaCl + CaCO_3 \longrightarrow Na_2CO_3 + CaCl_2$

この化学変化を利用してNa_2CO_3をつくるのが，アンモニアソーダ法である。

しかし，$NaCl$と$CaCO_3$は直接反応しないため，以下のような経路（遠回り）でこの反応を進行させていく。

(1)　$NaCl + H_2O + NH_3 + CO_2 \longrightarrow NaHCO_3 + NH_4Cl$

(2)　$2NaHCO_3 \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$

(3)　$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2$

(4)　$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$

(5)　$Ca(OH)_2 + 2NH_4Cl \longrightarrow 2NH_3 + 2H_2O + CaCl_2$

(1)×2＋(2)＋(3)＋(4)＋(5)により冒頭の全体の式が得られる。

※塩の溶解度　（g/H_2O 100g）

$NaHCO_3$	9.4
NH_4Cl	37.5
$NaCl$	35.9
Na_2CO_3	22.5
NH_4HCO_3	19.9

(2) Al　バイヤー法・ホールエルー法

Alはボーキサイトから純度の高い酸化アルミニウムを取り出し(⇒(i)バイヤー法)，それを融解塩電解(⇒(ii)ホールエルー法)することにより得る。

(i)　バイヤー法

・ボーキサイトに濃NaOHaqを加えて溶解させる。
　⇒不純物のFe_2O_3やSiO_2は溶解しないため，ここで取り除かれる。
・水を加える，または二酸化炭素を吸収させることにより，$Al(OH)_3$を沈殿させる。
・取り出した$Al(OH)_3$を加熱し，純度の高いAl_2O_3(アルミナ)を得る。

(ii)　ホールエルー法

両極に炭素電極を用いて，酸化アルミニウムの融解液を電気分解する。酸化アルミニウムの融点は約2000℃と高いため，融点降下剤として氷晶石$Na_3[AlF_6]$を用いて融解させる。

(＋) $C + 2O^{2-} \longrightarrow CO_2 + 4e^-$

$C + O^{2-} \longrightarrow CO + 2e^-$

(－) $Al^{3+} + 3e^- \longrightarrow Al$

⇒陽極で酸素が発生しないことに注意しよう。

第８講　演習問題

1　次の文章を読み，以下の問に答えよ。

炭酸ナトリウムは次に示す4つの工程により工業的に作られている。

工程1. 塩化ナトリウムの飽和水溶液にアンモニアと二酸化炭素を吹き込むと，炭酸水素ナトリウムと塩化アンモニウムが生成する。

$NaCl + H_2O + NH_3 + CO_2 \longrightarrow NaHCO_3 + NH_4Cl$　(i)

工程2. 水への溶解度が比較的小さい炭酸水素ナトリウムは沈殿する。この沈殿を集めて加熱することにより分解し，炭酸ナトリウムが得られる。

$(\ a\ )NaHCO_3 \longrightarrow (\ b\ )Na_2CO_3 + (\ c\ )CO_2 + H_2O$　(ii)

工程3. 工程1で得られた塩化アンモニウムは水酸化カルシウムを反応させると，アンモニアが発生し，工程1で再利用される。

$(\ d\ )NH_4Cl + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCl_2 + (\ e\ )NH_3 + (\ f\ )H_2O$　(iii)

工程4. 工程3で用いる水酸化カルシウムは，炭酸カルシウムを燃焼させて酸化カルシウムとした後，水と反応させて作られる。

$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2$　(iv)

$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$　(v)

このように，炭酸ナトリウムは塩化ナトリウムと炭酸カルシウムを原料にして，非常に効率よく生産することができる。

(1)　反応(ii)および(iii)の(　a　)～(　f　)にあてはまる係数を答えよ。

(2)　工程1～4の反応を一つの化学反応式で表せ。

(3)　この製造工程で5.85kgの塩化ナトリウム(式量58.5)を用いた場合，100%の効率で炭酸ナトリウムが得られるとすると，必要な炭酸カルシウム(式量100)は何kgか。また，このとき得られる炭酸ナトリウム(式量106)は何kgか。

2　次の文章を読み，以下の各問いに答えよ。

アルミニウムは第(　A　)族に属する典型元素で，原子は(　B　)個の価電子をもち，(　C　)価の陽イオンになりやすい。化合物として地殻中に豊富に存在するが，単体として産出することはない。アルミニウムの単体は軽くて柔らかい金属で，鉱石の(　D　)を水酸化ナトリウムで処理し，酸化アルミニウムをつくった後，氷晶石とともに融解塩電解して製造される。単体は常温では水と反応しないが，①<u>高温の水蒸気や酸，強塩基とは反応して気体を発生して溶ける</u>。アルミニウムに少量の銅やマグネシウムなどを添加した合金は(　E　)とよばれ，軽くて丈夫な特長を活かして航空機のボディーなどに利用されている。硫酸アルミニウムと硫酸カリウムとの混合水溶液を濃縮すると(　F　)の結晶が得られる。アルミニウムを空気中に放置しても，表面に酸化皮膜を生じるだけで錆びることはない。このような状態を(　G　)という。電解により人工的に緻密な酸化皮膜をつけた製品は(　H　)とよばれる。

(1)　文中の空欄(　A　)～(　H　)を適切な語句または数値で埋め文章を完成させよ。

(2)　地殻中に重量比でアルミニウムより豊富に存在する元素を，次の中から2つ選び記号で答えよ。

(a)　水素　　(b)　炭素　　(c)　窒素　　(d)　酸素　　(e)　ケイ素　　(f)　鉄

(3)　文中の下線部①で示した，(a)高温水蒸気，(b)酸，(c)強塩基との反応により発生する気体は，それぞれ何か。

第8講　確認テスト

1　図1に示すNaClからNa_2CO_3を合成する方法について，

1 ， 2 に当てはまる操作として最も適当なものを，下の①～⑤のうちから一つずつ選べ。ただし，同じものを選んでもよい。

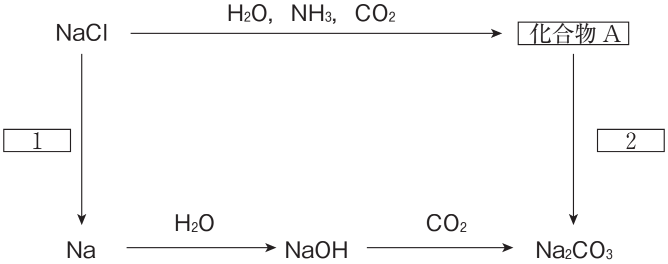


図1

① 水溶液にして電気分解する。

② 高温で融解して電気分解する。

③ 加熱する。

④ 水を加える。

⑤ 二酸化炭素を通じる。

＜Note＞

第９講　オストワルト法・接触法

1　工業的製法

(3)　HNO_3　オストワルト法

$NH_3 + 2O_2 \longrightarrow HNO_3 + H_2O$

この変化を利用してHNO_3を合成するのがオストワルト法である。

この反応は次の３段階で進めていく。

(1)　$4NH_3 + 5O_2 \longrightarrow 4NO + 6H_2O$　（Pt触媒）

(2)　$2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$

(3)　$3NO_2 + H_2O \longrightarrow 2HNO_3 + NO$

$\{(1)+(2)\times 3+(3)\times 2\}\times\frac{1}{4}$により冒頭の全体の反応式を導くことができる。

(3)によって生成するNOを(2)に再利用していくことを意識しておこう。

(4)　H_2SO_4（濃硫酸）　接触法

黄鉄鉱（FeS_2）やSを燃焼させて得られるSO_2が接触法の原料となる。

$4FeS_2 + 11O_2 \longrightarrow 2Fe_2O_3 + 8SO_2$

$S + O_2 \longrightarrow SO_2$

次の２段階で濃硫酸を合成していく。

$2SO_2 + O_2 \longrightarrow 2SO_3$　（V_2O_5触媒）

$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$

第9講　演習問題

1　次の3段階の化学反応式は，オストワルト法で硝酸をつくる流れを示したものである。

$4NH_3 + 5O_2 \longrightarrow 4NO + 6H_2O$

$2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$

$3NO_2 + H_2O \longrightarrow 2HNO_3 + NO$

原料のアンモニア59.5kgを用いて，アンモニア中の窒素をすべて硝酸に変えたとすると，理論上，60％硝酸は何kg得られるか。有効数字3桁で答えよ。ただし，原子量はH:1，N：14，O：16とする。

2　硫黄1.0kgを用いて接触法により濃硫酸をつくると，98％の濃硫酸は何kg得られるか。有効数字2桁で答えよ。ただし，原子量はH：1，O：16，S：32とする。

第9講　確認テスト

1　アンモニアから硝酸を製造する方法(オストワルト法)に関連する記述として誤りを含むものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

① NOは，白金を触媒としてNH_3とO_2を反応させてつくられる。

② NOは，水に溶けやすい気体である。

③ NO_2は，NOをO_2と反応させてつくられる。

④ NO_2とH_2Oの反応で生成するHNO_3とNOの物質量の比は，2：1である。

⑤ NO_2とH_2Oの反応で生じたNOは，再利用される。

＜Note＞

第6章　元素別各論

第10講　アルカリ金属・アルカリ土類金属

1　アルカリ金属

Hを除く1族をアルカリ金属という。
陽性が強く，1価の陽イオンになりやすい。

単体

・融点が低くやわらかい
・密度が小さい(軽金属)
・空気中の酸素や冷水と反応する　⟶　石油中保存

$4Na + O_2 \longrightarrow 2Na_2O$

$2Na + 2H_2O \longrightarrow 2NaOH + H_2$

・炎色反応陽性
・製法は融解塩電解

NaOH

・強塩基性
・潮解性がある
　空気中の水分を吸収して溶けてしまうことを潮解という
・製法は塩化ナトリウム水溶液の電気分解

Na_2CO_3

・風解性がある
　空気中で結晶水を失う現象を風解という
・製法はアンモニアソーダ法

$NaHCO_3$

・重曹ともよばれ，ベーキングパウダーや発泡入浴剤や胃薬に使用される
・加熱により分解が起こりNa_2CO_3に変化する

2　2族

2族はBe，Mgとアルカリ土類金属の2つのグループに分類される。
この2つのグループの性質の違いを徹底しておこう。

	炎色反応	水との反応	水酸化物	硫酸塩
Be・Mg	陰性	冷水と反応しない Be：高温水蒸気 Mg：沸騰水	水に難溶	水に可溶
アルカリ土類金属	陽性	冷水と反応する	水に可溶	水に難溶

※水酸化カルシウム(消石灰)　$Ca(OH)_2$
水への溶解度は小さく，飽和水溶液を石灰水という。
石灰水に二酸化炭素を通じると白濁(⇒①)，さらに通じると無色に戻る(⇒②)。
化学反応式頻出。

① $Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$

② $CaCO_3 + H_2O + CO_2 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$

※硫酸カルシウム　$CaSO_4$
天然にはセッコウとして産出。
セッコウを加熱すると水和水の一部を失い，焼きセッコウになる。
焼きセッコウを適量の水と練って放置するとセッコウに戻る。(医療用ギプスに利用)

$$CaSO_4\cdot 2H_2O \rightleftarrows CaSO_4\cdot \frac{1}{2}H_2O + \frac{3}{2}H_2O$$

※硫酸バリウム　$BaSO_4$
水に対する溶解度が極めて小さい。X線を遮蔽するため，X線検査の造影剤として使用される。

第10講　演習問題

1　Na，Caに関する次の記述のうち，Naにだけ該当する記述の組合せとして正しいものはどれか。下のア～オから一つ選べ。

A：単体は化合物の融解塩電解より得られる。

B：硫酸塩は水に溶けにくい。

C：水酸化物の水溶液に二酸化炭素を通じても白濁しない。

D：炭酸塩を加熱すると二酸化炭素を発生する。

E：水酸化物は水によく溶ける。

ア　AとC　　イ　BとD　　ウ　CとE　　エ　DとA　　オ　EとB

2　2族の元素に関する文のうち，正しいものを全て選べ。

a．2族元素のうち，Be，Mgを除くものをアルカリ金属という。

b．単体は全て常温の水と反応する。

c．硫酸バリウムは水によく溶ける。

d．Mgの単体は空気中で閃光を発しながら燃える。

e．水酸化物は全て強塩基性を示す。

第10講　確認テスト

1　次の元素の中から，硫酸塩が水に溶けないものをすべて選びなさい。

K　Mg　Ca　Na　Ba

第11講　アルミニウム(両性金属(両性元素))・遷移元素

1　アルミニウム

13族の元素で3価の陽イオンになりやすい。
地殻中には酸素，ケイ素についで多く，金属元素では最多。

単体

・延性，展性，電気伝導性，熱伝導性にすぐれている
・ジュラルミンという合金を作る
・空気中に放置すると酸化皮膜を形成するため，内部が保護され，腐食されない
　酸化皮膜を人工的に分厚くつけた製品をアルマイトという
・酸化鉄(Ⅲ)とアルミニウムの混合物(テルミット)に点火すると多量の熱が発生し，融解した鉄が生成する

$2Al + Fe_2O_3 \longrightarrow Al_2O_3 + 2Fe$

・両性金属(両性元素)である
　酸とも強塩基とも反応して水素が発生する

$2Al + 6HCl \longrightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$

$2Al + 6H_2O + 2NaOH \longrightarrow 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2$

・高温水蒸気と反応して水素が発生する
・製法はアルミナの融解塩電解

Al_2O_3・$Al(OH)_3$

・両性酸化物
　酸とも強塩基とも反応して溶解する

$Al_2O_3 + 6HCl \longrightarrow 2AlCl_3 + 3H_2O$

$Al_2O_3 + 3H_2O + 2NaOH \longrightarrow 2Na[Al(OH)_4]$

$Al(OH)_3 + 3HCl \longrightarrow AlCl_3 + 3H_2O$

$Al(OH)_3 + NaOH \longrightarrow Na[Al(OH)_4]$

ミョウバン $AlK(SO_4)_2$・$12H_2O$

硫酸アルミニウム $Al_2(SO_4)_3$ と硫酸カリウム K_2SO_4 の混合水溶液を冷却したり濃縮すると得られる無色透明の正八面体結晶。

このように，複数の塩からなる塩を複塩という。

・水に溶けて弱酸性

第11講　演習問題

1　以下に示すアルミニウムに関する文のうち，正しいものを全て選べ。

a．単体は，アルミナの融解電解により得られる。

b．単体は，濃硝酸や濃硫酸とは不動態を形成して反応は進まない。

c．水酸化アルミニウムの沈殿は酸にも塩基にも溶けない。

d．単体は，多くの金属酸化物に対して還元剤として働く。

e．単体は常温の水と反応して水素を発生する。

2　以下に鉄(Fe)の性質について述べた文章を示す。空欄に入る単語または化合物を選択肢ア～ケの内から選べ。

鉄(Fe)は空気中で酸化されて，赤サビと呼ばれる赤褐色の(　A　)を生じる。また，鉄は錆びると脆くなるため，メッキを施されることがある。亜鉛でメッキしたものを(　B　)，スズでメッキしたものを(　C　)という。また，単体は希硫酸や塩酸などの希酸と反応して(　D　)を発生するが，濃硫酸や濃硝酸とは(　E　)を形成し，それ以上反応は進行しない。

ア．FeO　　イ．Fe_2O_3　　ウ．Fe_3O_4　　エ．トタン　　オ．ブリキ

カ．水素　　キ．酸素　　ク．水　　ケ．不動態

第11講　確認テスト

1　次の元素の中で，酸化物が酸にも強塩基にも溶解するものをすべて選びなさい。

Na　　Ca　　C　　Zn　　S　　Al

＜Note＞

第12講　14・15・16族

1　14族(Si)

ケイ素は地殻中に酸素に次いで多く存在する元素(クラーク数：O>Si>Al>Fe)である。

①単体(Si)

共有結合のダイヤモンド型結晶構造。

高純度のものは半導体としての性質をもち，コンピューターなどに利用されている。

しかし，天然には単体で存在しないため，工業的にはケイ砂(しゃ) SiO_2 をコークスで還元してつくる。

$$SiO_2 + 2C \longrightarrow Si + 2CO$$

②二酸化ケイ素(SiO_2)

天然に石英，水晶，ケイ砂の主成分として存在している。

Si原子を中心にして，正四面体の頂点にO原子が存在する3次元網目状構造の共有結合結晶。

化学的に極めて安定なため，ほとんど反応しないが，フッ化水素HFやフッ化水素酸HFaqとは反応する。

HF　$SiO_2 + 4HF \longrightarrow SiF_4 + 2H_2O$

HFaq　$SiO_2 + 6HF \longrightarrow H_2SiF_6 + 2H_2O$

また，水酸化ナトリウムNaOHや炭酸ナトリウム Na_2CO_3 とともに融解すると反応し，ケイ酸ナトリウム Na_2SiO_3 が生成する。

$$SiO_2 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SiO_3 + H_2O$$

$$SiO_2 + Na_2CO_3 \longrightarrow Na_2SiO_3 + CO_2$$

Na_2SiO_3 に水を加えて熱すると，無色透明の粘り気の大きな液体である水ガラスが得られる。

水ガラスの水溶液に塩酸を加えると，白色ゲル状のケイ酸が遊離する。

これを乾燥させたものが，多孔質のシリカゲルである。

シリカゲルはヒドロキシ基(−OH)を多く持つため，水素結合により，水やアンモニアを吸着し，乾燥剤や吸着剤として利用されている。

2　15族

HNO_3

・無色，揮発性の強酸
・酸化力が強い
　イオン化傾向がH_2より小さいCuやHgやAgも溶かす
・感光性がある　⟶　褐色ビン保存
　光をあてると分解が起こり，二酸化窒素に変化する（無色から黄褐色へ）
・工業的製法はオストワルト法

3　16族

濃硫酸

・約98％，粘性や密度が大きく，沸点が高い（不揮発性）の液体
・吸水性がある　⟶　乾燥剤
・脱水性がある
・溶解熱が大きい
　濃硫酸を希釈するときは，水に濃硫酸を攪拌しながら少量ずつ加える
・熱濃硫酸は酸化力が強い
　イオン化傾向がH_2より小さいCuやHgやAgも溶かす
・工業的製法は接触法

第12講　演習問題

1　次の文を読み，以下の問いに答えよ。

硝酸の製法はいくつか知られている。そのひとつとして，①硝酸塩に濃硫酸を加え，加熱して硝酸を遊離させる方法がある。また工業的には，まずアンモニアと空気を混合し，800℃の白金網の間に通じる。このとき白金は［ア］として働き，アンモニアは式(1)のように［イ］されて一酸化窒素になる。

$$4NH_3 + 5O_2 \longrightarrow 4NO + 6H_2O \quad \cdots(1)$$

つぎに一酸化窒素を冷却後，空気中の酸素と反応させて二酸化窒素とし，最後に式(2)のようにこれを水に吸収させることにより硝酸がつくられる。この工業的製法を②オストワルト法という。

$$3NO_2 + H_2O \longrightarrow 2HNO_3 + NO \quad \cdots(2)$$

硝酸は強酸であるとともに強酸化剤であり，銅を酸化して窒素酸化物を発生させる。一酸化窒素は，実験室では銅に希硝酸を加えて発生させ，［ウ］置換で捕集する。一酸化窒素は空気中ではすぐに酸化されて［エ］色の二酸化窒素になる。この③二酸化窒素は，実験室では銅に濃硝酸を加えて発生させ，［オ］置換で捕集する。二酸化窒素は，式(2)のように水と反応して硝酸と一酸化窒素になる。

問1　文中の［ア］～［オ］に当てはまる最適な語句を以下の語群から選んで書け。

語群：酸化剤，還元剤，酸化，還元，中和，触媒，
水上，下方，上方，黄，黒，赤褐，無，青

問2　下線部①について，硝酸が遊離する理由として最適なものを，次の1)～4)のなかから一つ選び，記号1)～4)で答えよ。

1)　硫酸は硝酸よりも酸化力が強いから。
2)　硫酸は不揮発性で，硝酸は揮発性だから。
3)　硝酸のほうが硫酸より強い酸であるから。
4)　硫酸の方が硝酸より粘性が高いから。

問3　下線部②について，アンモニアから硝酸が生成する過程を一つの化学反応式で書け。

問4　下線部③について，銅と硝酸から二酸化窒素が生成する過程を一つの化学反応式で書け。

2　以下に示す硫酸の性質に関する文章のうち，正しいものを全て選べ。

a．脱水作用があり，アルコールの脱水などに触媒として用いられる。

b．揮発性の酸の1つである。

c．希硫酸を調製する際は，濃硫酸に水をゆっくり足す。

d．吸湿性があり，乾燥剤として用いられる。

e．熱濃硫酸は，還元作用を示す。

第12講　確認テスト

1　次の中から希硫酸の性質をすべて選びなさい。

脱水性　　吸湿性　　強酸性　　酸化力　　潮解性

＜Note＞

第13講　ハロゲン

ハロゲンは反応性が高く，入試でも出題されやすい元素である。

⑴　単体(X_2)

	常温常圧での状態	反応性（酸化力）	水素との反応	水との反応
F_2	気体（淡黄色）		低温暗所でも爆発的	$2F_2 + 2H_2O \longrightarrow 4HF + O_2$
Cl_2	気体（黄緑色）		光により爆発的	$Cl_2 + H_2O \rightleftarrows HCl + HClO$
Br_2	液体（赤褐色）		加熱触媒で進行	Cl_2と同様の反応が少し進行
I_2	固体（黒紫色）		加熱触媒でわずかに進行	反応しない。よって水に不溶

※酸化力は$F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$であるため，

$$2KI + Cl_2 \longrightarrow I_2 + 2KCl$$

の反応は進行するが，逆反応は進行しない。

※I_2は水には溶けないがヨウ化カリウム水溶液には溶けて褐色になる。

$$I_2 + KI \longrightarrow KI_3$$

⑵　ハロゲン化水素(HX)

いずれも無色，刺激臭の気体。水によく溶け，水溶液は酸性を示す。
水溶液ではハロゲン化水素の名称に『酸』を付ける。

例　フッ化水素HFの水溶液⇒フッ化水素酸
　　塩化水素HClの水溶液⇒塩酸（塩化水素酸の略）

※HFは水素結合を形成しているため，他のハロゲン化水素とは違った性質を示す。

- 分子量は最小だが，沸点は高い
- 弱酸である　（他は強酸）
- ガラス(SiO_2)と反応⇒ポリエチレン容器保存

⑶　ハロゲン化銀(AgX)

フッ化銀AgFのみ水に溶ける。その他は難溶性。

第13講　演習問題

1　次のハロゲンに関する①～⑥の記述のうち，誤りを含むものはいくつあるか。

① ヨウ素の単体は水に溶けにくいが，ヨウ化カリウム水溶液にはよく溶ける。

② 水素化合物の沸点は，$HI > HBr > HCl > HF$の順に高くなる。

③ ハロゲンの単体はすべて有色であるが，ハロゲン化水素はすべて無色である。

④ ハロゲンの単体には酸化力があり，その強さは$F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$の順である。

⑤ フッ化水素酸は石英やガラスを溶かす性質をもち，強酸である。

⑥ フッ素が水と反応すると酸素が発生する。

第13講　確認テスト

1　ハロゲンに関する記述として誤りを含むものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

①　フッ素は水と反応し，酸素が発生する。

②　塩素を水に溶かすと，次亜塩素酸が生成する。

③　臭素は常温で赤褐色の液体である。

④　臭素を塩化カリウム水溶液に加えると，塩素が生成する。

⑤　ヨウ素はヨウ化カリウム水溶液に溶ける。

⑥　ヨウ素は常温で黒紫色の固体である。

演習問題解答

第１講　演習問題

1　(1)　②　(2)　⑤　(3)　④　(4)　④　(5)　③

2　(1)　２種類　(2)　１種類　(3)　１種類

第２講　演習問題

1　沈殿Ａ：白色　　沈殿Ｂ：黒色　　沈殿Ｃ：赤褐色

2　ウ

第3講　演習問題

1　①

第４講　演習問題

1　$BaO \cdot Fe_2O_3$

2　(1)　$H_2O + CO_2 \longrightarrow H_2CO_3$

(2)　$H_2O + SO_2 \longrightarrow H_2SO_3$

(3)　$H_2O + Na_2O \longrightarrow 2NaOH$

(4)　$H_2O + CaO \longrightarrow Ca(OH)_2$

(5)　$6H_2O + P_4O_{10} \longrightarrow 4H_3PO_4$

第５講　演習問題

1 (1) $HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$

(2) $CH_3COOH + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$

(3) $H_2SO_4 + 2NH_3 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4$

(4) $CaO + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + H_2O$

(5) $CH_3COONa + HCl \longrightarrow CH_3COOH + NaCl$

(6) $2NH_4Cl + Ca(OH)_2 \longrightarrow 2NH_3 + CaCl_2 + 2H_2O$

(7) $Na_2CO_3 + 2HCl \longrightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2$

(8) $NaCl + H_2SO_4 \longrightarrow HCl + NaHSO_4$

(9) $CaF_2 + H_2SO_4 \longrightarrow 2HF + CaSO_4$

第６講　演習問題

1　(ア)　アンモニア　(イ)　水素　(ウ)　硫化水素　(エ)　塩化水素　(オ)　塩素

2　③

第７講　演習問題

1　(1)　1つ　(2)　2つ

2　(1)　ソーダ石灰　(2)　塩化カルシウム　(3)　濃硫酸

第8講　演習問題

1　(1)　a　2　　b　1　　c　1　　d　2　　e　2　　f　2

(2)　$2NaCl + CaCO_3 \longrightarrow Na_2CO_3 + CaCl_2$

(3)　炭酸カルシウム：5.0 kg　　炭酸ナトリウム：5.3 kg

2　(1)　A　13　　B　3　　C　3　　D　ボーキサイト　　E　ジュラルミン

F　ミョウバン　　G　不動態　　H　アルマイト

(2)　(d), (e)

(3)　(a)　水素　　(b)　水素　　(c)　水素

第９講　演習問題

1　368 kg

2　3.1 kg

第10講　演習問題

1　ウ

2　d

第11講　演習問題

1　a・b・d

2　A：イ　　B：エ　　C：オ　　D：カ　　E：ケ

第12講　演習問題

1　問1　ア：触媒　イ：酸化　ウ：水上　エ：赤褐　オ：下方

問2　2)

問3　$NH_3 + 2O_2 \longrightarrow HNO_3 + H_2O$

問4　$Cu + 4HNO_3 \longrightarrow Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$

2　a・d

第13講　演習問題

1　2つ

確認テスト解答

第1講　確認テスト

1　③

【解説】

水酸化ナトリウム水溶液を過剰に加えると沈殿が再溶解する➡　両性元素

（①②は再溶解する）

アンモニア水を過剰に加えると沈殿が再溶解する➡　銅・銀・亜鉛

（④⑤は再溶解する）

第2講　確認テスト

1　②

【解説】

操作Ⅰ　塩酸で沈殿➡　Pb^{2+} か Ag^{+} である

操作Ⅱ　硫化水素（塩酸酸性下）で沈殿➡　イオン化傾向Sn以下のイオン（選択肢②か④）

操作Ⅲ　後処理後，アンモニア水で沈殿➡　Fe^{3+} か Al^{3+} である（②のみ）

第3講　確認テスト

1　⑥

【解説】

金は王水にしか溶解しない。

第４講　確認テスト

1　CO_2，SO_3

第5講　確認テスト

1　④

【解説】

化学反応式は以下のようになる。

$CO_2 + 2NaOH \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O$

第6講　確認テスト

1　a　②　　b　③　　c　⑤　　d　①

【解説】

a　弱酸遊離反応により，硫化水素H_2Sが発生する。

b　酸化還元反応により，一酸化窒素NOが発生する。

c　揮発性の酸遊離反応により，塩化水素HClが発生する。

d　分解反応により，酸素O_2が発生する。

第7講　確認テスト

1　(1)　①　(2)　②

【解説】

(1)　濃塩酸と酸化マンガン(Ⅳ)の酸化還元反応により塩素を得ることができる。

(2)　塩素は水溶性で空気より重いため，下方置換が適切。

第8講　確認テスト

1　1　②　　2　③

【解説】

1　電気分解(理論編の第25講)で確認した融解塩電解である。

2　アンモニアソーダ法で炭酸水素ナトリウムから炭酸ナトリウムを得る過程である。

第９講　確認テスト

1　②

【解説】

NOは水溶性ではない。

第10講　確認テスト

1　Ca，Ba

第11講　確認テスト

1　Zn，Al

第12講　確認テスト

1　強酸性

第13講　確認テスト

1　④

【解説】

塩素Cl_2と臭素Br_2ではCl_2の方が強い酸化剤であるため，反応は進行しない。

Ⓒ RECRUIT
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。